Minera Panamá

FIRST QUANTUM MINERALS LTD

Tailings Management Facility

Runoff and Seepage Collection System

21/Oct/2022


Picture at the Sediment Pond 4 – Facing North/East towards the Decant Road

Reviewed 29/11/22

[signature]

EoR

Perth.

Minera Panamá / FIRST QUANTUM MINERALS LTD	Runoff and Seepage Collection System Tailings Management Facility	Revision		Page
		#	Date	
	Document No. 1824-363-CI-RPT-T0003	C	21/Oct/2022	1

CLIENT: Minera Panama S.A (MPSA)

PROJECT: Mina de Cobre Panama (MdCP)

	SIGNATURE	DATE
PREPARED BY: Zayra Caballero (ZC)	Zayra C	27-Nov-2022
REVIEWED BY: Nicholas Mather (NM)	Nicholas Mather	28-11-22
APPROVED BY: Doug Cooper (DC)	Doug Cooper E&R Perth.	29/11/22

ISSUE / REVISION INDEX

Issue Code	Revision					Revision Details
	No	Prep. by	Rev. By	App. By	Date	
RR	A	ZC	NM	-	19-Apr-22	Released for Review and Comments
RR	B	ZC	NM	-	27-Apr-22	Released for Review and Comments
RR	C	ZC	NM	DC	21-Oct-22	Released for Review and Comments

NOTES:

1. Issue Codes: RC=Release for Construction, RD=Release for Design, RF=Release for Fabrication, RI=Release for Information, RP=Release for Purchase, RQ=Release for Quotation, RR=Released for Review and Comments
2. Changes from previous version of this document will be noted in each section in blue.
3. Information pending to be supplied will be noted in each section in green.

Índice de Contenidos

1. INTRODUCCION 5
1.1. Caracterización del Sitio 7
1.2. Agua lluvia 7
1.3. Ecuaciones de Flujo de Agua 10
1.3.1. Ecuación del Método Racional: Q = CIA 10
1.3.2. Ecuación Empirica Manning: Q = VA 10
2. AGUA CORRIENTES ABAJO ORIGINADA POR FILTRACIONES 11
2.1. Sistema de Colección de Filtraciones de la Presa Norte 13
2.1.1. Sistema de Colección de Filtraciones en Presa Norte-WRP1 14
2.1.2. Sistema de Colección de Filtraciones en Presa Norte -WRP2 15
2.1.3. Sistema de Colección de Filtraciones en Presa Norte -WRP3 16
2.2. Sistema de Colección de Filtraciones en la Presa Este 17
3. AGUAS CORRIENTE ABAJO ORIGINADA POR LLUVIAS 17
3.1. Escorrentia Aguas Abajo Presa Norte 18
3.2. Escorrentia Aguas Abajo Presa Este 20
4. AGUAS CORRIENTE ABAJO ORIGINADA POR OTRAS FUENTES 23
5. MONITOREO DE TRAMPAS DE SEDIMENTACION Y DE LA CALIDAD DEL AGUA 24
5.1. Trampas de sedimentación 24
5.2. Programa de Prueba de Agua 25
6. OBSERVACIONES 26

Lista de figuras

Figure 1 – 1: Vista General de las Instalaciones de Manejo de Relaves (TMF) 5

Figure 1 – 2: Esquema de las Presas del TMF y su interacción con estructura aguas abajo 6

Figure 1.2 – 1: TMF (WX) Tabla de Comparación de Lluvia mensual (MPSA Ambiental) 8

Figure 1.2 – 2: TMF (WX) Lluvia Mensual y Acumulativa (MPSA Ambiental) 8

Figure 1.2 – 3: TMF (WX) Curva IDF de Lluvia adoptada para Tc=5min 9

Figure 2 – 1: Estanque de recolección de Filtraciones – Perfil Típico (1824-363-CI-DRG-T0107) 11

Figure 2 – 2: Estanque de recolección de filtraciones – Sección Típica (1824-363-CI-DRG-T0107) 12

Figure 2 – 3: Fosa Colectora de Fugas – Seccion Típica (1824-363-CI-DRG-T0107) 12

Figure 2 – 4: Poza colectora de Fugas –Sección de Borrador (modificado de los planos de KCB IFI) 12

Figure 2.1 – 1: Sistema de Colección de Fugas de la Presa Norte 13

Figure 2.1.1 – 1: Sistema de Colección de Fugas Presa Norte WRP1 14

Figure 2.1.2 – 1: Sistema de Colección de Fugas Presa Norte WRP2 15

Figure 2.1.3 – 1: Sistema de Colección de Fugas WRP3 16

Figure 2.2 – 1: Sistema de Colección de Fugas Preliminar Presa Este 17

Figure 3.1 – 1: Escorrentia de la Presa Norte Aguas abajo 19

Figure 3.2 – 1: Escorrentia de la Presa Este en el Area Aguas abajo 22

Figure 5.1 – 1: Esquema de la Presa del TMF y su interacción con estructura aguas abajo. 24

Lista de Tablas

Tabla 1.2 – 1: TMF (WX) Curva IDF de Lluvia Adoptadas por Tc=5min... 9

Tabla 2.1 – 1: ND Flujo de Agua originado por filtraciones Vs requisitos de capacidad de bombeo........ 13

Tabla 3.1 – 1: Escurrimiento de la Presa Norte Caudal general 18

Tabla 3.1 – 1: Capacidad de las Tuberias de Desague en la carretera de Acceso Norte 19

Tabla 3.1 – 2: Capacidad de las Tuberias de Desague en la Carretera de Decantación / Poza de Sed. 20

Tabla 4 – 1: Caudales totales previstos para un “Día humedo de Noviembre ” Scenario.......................... 23

Tabla 4 – 2: Caudales Totales previstos en un Escenario con “Periodo de Retorno de 100-años” 23

Tabla 5.2 – 1: Parametros Ambientales estandar del Agua 25

Lista de Apéndices

Apéndice I Distribución de pozos y registros de pozos tal como se presentan en el formulario de informe fáctico JVP

Apéndice I Estimaciones de fugas según el informe de diseño de KCB

Apéndice II Especificaciones técnicas de las bombas in situ en el sistema de recolección de fugas

1. INTRODUCCIÓN

La Instalación de Manejo de Relaves (TMF) comprende más de 2,500 hectáreas del Sitio Cobre Panamá. La mayor parte de esta área está destinada a contener agua y relaves de la planta de proceso mediante la construcción de presas/bunds estratégicamente ubicados en los límites norte, este, oeste y sur de la instalación (ver Figura 1 - 1).

La topografía del terreno generalmente permite que el agua fluya hacia el norte, la mayor parte de la cual está contenida por las presas. Sin embargo, se espera que el agua dentro del área aguas abajo de las presas fluya hacia el medio ambiente y/o se bombee hacia el embalse (ver Figura 1 – 2).

Las principales fuentes de agua que se espera que se encuentren en la zona aguas abajo de las presas son el agua procedente de las precipitaciones y el agua procedente de las filtraciones.

Este informe se centrará principalmente en identificar la cantidad de agua esperada en el lado aguas abajo de las presas (precipitaciones y filtraciones) para confirmar los requisitos de bombeo y la capacidad de las tuberías; así como para verificar la calidad del agua en el área.

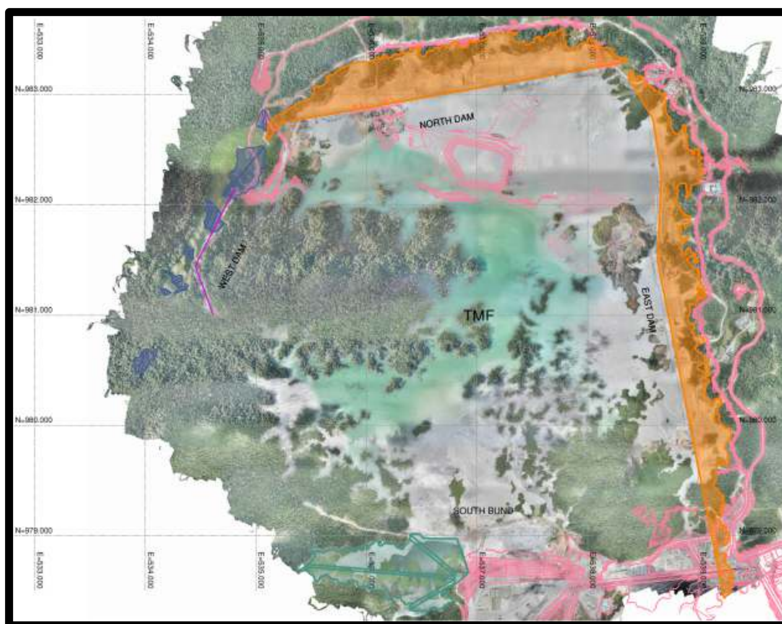
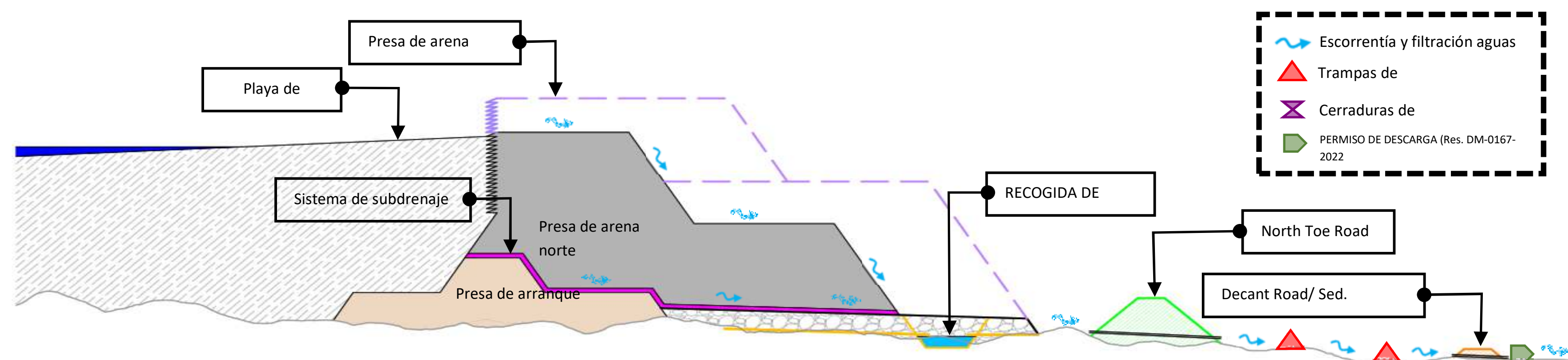
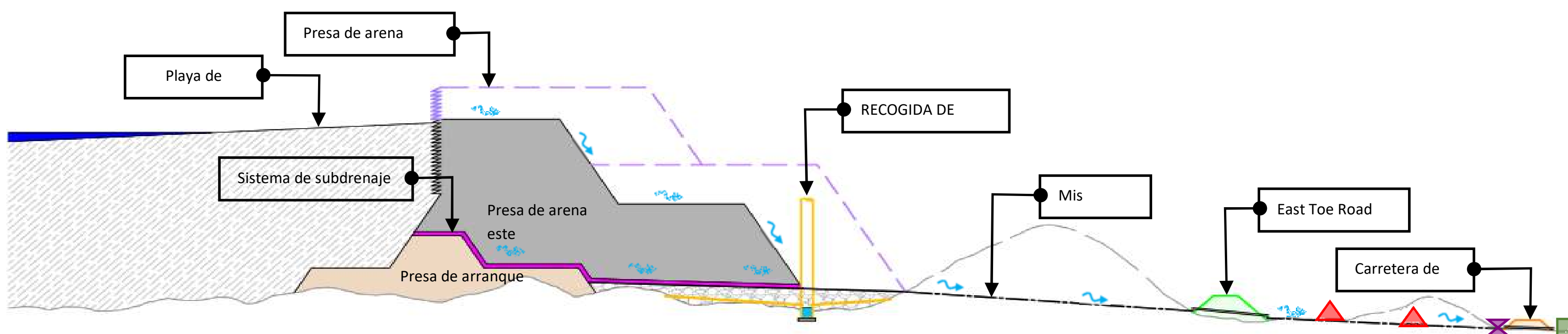


Figura 1 – 1: *Vista general del Mecanismo de Gestión de Relaves (TMF)*



Sección típica de la presa norte

No está en la escala



Sección típica de la presa Este

No está en la escala

***Figura 1 – 2**: Esquema de las presas TMF y su interacción con la estructura aguas abajo*

1.1. Caracterización del Sitio

La Región de Cobre Panamá está generalmente sustentada por granodiorita alterada, pórfido de granodiorita y andesita. Del mismo modo, los materiales superficiales están dominados por rocas subterráneas y en las áreas cercanas a los cursos de agua es probable que contengan sedimentos fluviales o aluviales.

El suelo en el sitio típicamente consiste en suelos residuales, saprolita, saprock, lecho de roca erosionada y lecho de roca fresca.

Una investigación geotécnica e hidrogeológica fue realizada por Joint Venture Panama Inc. en la cual se realizaron varios sondeos con la intención de determinar las condiciones del terreno y la caracterización del sitio.

Durante las investigaciones del terreno se realizaron cuatro (4) perforaciones en el área de Sed Pond, las cuales pueden ser usadas como referencia para identificar el espesor de la capa de saprolita. Identificar la ubicación de la capa de saprolita es de gran relevancia dado que este tipo de material proporciona protección contra filtraciones en función de su baja conductividad.

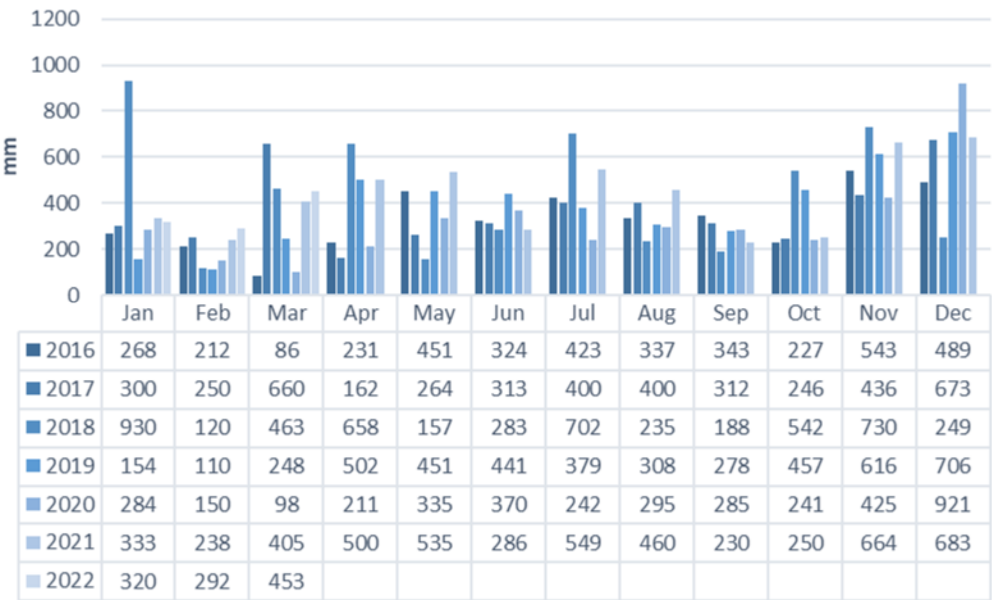
- ✓ **TSF-1235:** Transición de saprolita a saprock a la elevación 14mRL
- ✓ **TSF-1236:** Transición de saprolita a saprock a la elevación 20mRL
- ✓ **TSF-1237:** Transición de saprolita a saprock a la elevación 30.6mRL
- ✓ **TSF-1252:** Transición de saprolita a saprock a la elevación 28.2mRL

Los pozos TSF-1235 y TSF-1236 son los más relevantes para reportar, dado que se encuentran en la ubicación exacta de la Poza Sep 4 norte de la Instalación de Recolección de Escorrentía propuesta. Consulte el Apéndice I para ver la distribución de los pozos y los registros de los pozos tal como se presentan en el formulario de informe fáctico JVP.

1.2. Precipitaciones

El sitio TMF se encuentra en una región tropical que incluye principalmente una estación húmeda (octubre a diciembre) y una estación seca (febrero a marzo).

Las precipitaciones mensuales se registran desde la Estación Base TMF – WX, que se encuentra en Baste, el campamento TMF. Los registros indican que las precipitaciones ligeras oscilan entre 100 mm y 300 mm por mes y que las lluvias intensas han aumentado a 900 mm por mes. Consulte las Figuras 1.2 – 1 y 1.2 – 2 para ver los gráficos con la información disponible.



	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2016	268	212	86	231	451	324	423	337	343	227	543	489
2017	300	250	660	162	264	313	400	400	312	246	436	673
2018	930	120	463	658	157	283	702	235	188	542	730	249
2019	154	110	248	502	451	441	379	308	278	457	616	706
2020	284	150	98	211	335	370	242	295	285	241	425	921
2021	333	238	405	500	535	286	549	460	230	250	664	683
2022	320	292	453									

Figura 1.2 – 1: *Gráfico de comparación mensual de precipitaciones de TMF (WX) (MPSA Ambiental)*



Figura 1.2 – 2: *Lluvia mensual y acumulativa de TMF (WX) (MPSA Ambiental)*

El Departamento de Recursos Hídricos del TMF ha proporcionado la Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) para el sitio del TMF, que se estimó en función de los datos de precipitación de la Estación Base TMF – WX. Consulte la Figura 1.2 – 3 y la Tabla 1.2 – 1 para el trazado de la curva de IDF adoptada para una duración de lluvia (Tc) de 5 minutos.

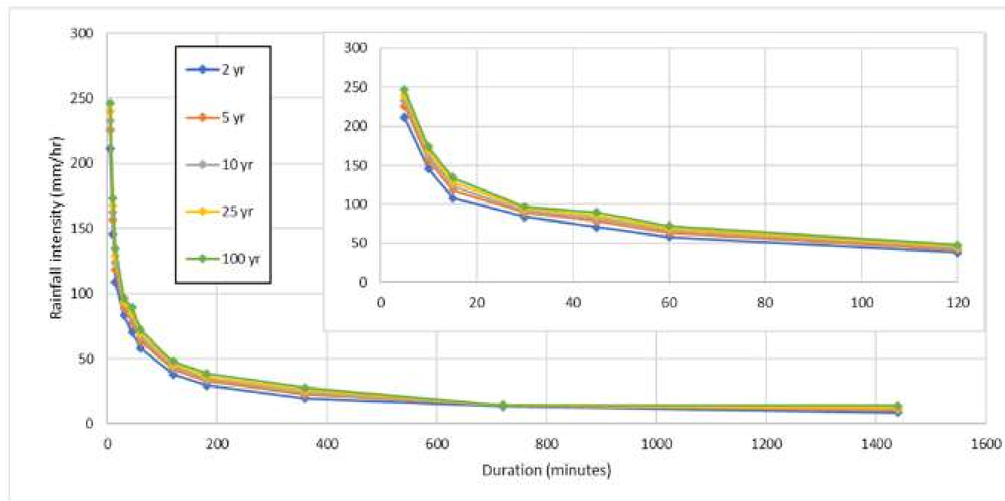


Figura 1.2 – 3*: TMF (WX) Curva IDF de lluvia adoptada para Tc=5 min*

T (yrs)	Duration [min]										
	5	10	15	30	45	60	120	180	360	720	1440
2	211	146	109	83	71	58	38	30	20	13	9
5	226	157	119	89	78	64	42	33	22	14	10
10	233	163	124	92	82	67	44	35	24	14	11
25	240	168	129	94	85	69	46	36	26	14	13
100	246	173	135	97	89	73	48	39	28	14	14

Tabla 1.2 – 1*: TMF (WX) Curva IDF de lluvia adoptada para Tc=5 min*

El desarrollo de este informe y los cálculos relacionados se han realizado utilizando los valores de IDF que se indican a continuación**.**

Precipitación de 24 horas (1440 min) (Tc Promedio)

- Día húmedo promedio en noviembre: 26.2 *mm o 1.1 mm/h*
- Período de retorno de 10 años: ***261 mm o 10,9 mm/h***
- Período de retorno de 100 años: ***347 mm o 14,5 mm/h***
- Período de retorno de 1000 años: ***428 mm o 17,8 mm/h***
- Precipitación máxima probable/PMP ***890 mm o 37,1 mm/h***

Lluvia de 5 minutos (0.83 horas) (Tc Extremo)

- Período de retorno de 2 años: ***17,58 mm o 3,52 mm/min o 211 mm/h***
- Período de retorno de 10 años: ***18,83 mm o 3,77 mm/min o 226 mm/h***
- Período de retorno de 1000 años: ***19,41 mm o 3,88 mm/min o 233 mm/h***
- Precipitación máxima probable/PMP ***20.50 mm o 4.10 mm/min o 246 mm/h***

1.3. Ecuaciones de flujo de agua

El flujo de agua y los cálculos relacionados se han realizado utilizando la Ecuación del Método Racional y la Ecuación Empírica de Manning utilizando los valores de IDF como datos iniciales para estimar los flujos de agua totales esperados dentro del sitio de TMF.

1.3.1. Ecuación del método racional: Q = CIA

Método para determinar el flujo de descarga de la escorrentía de la cuenca de drenaje que involucra las siguientes variables:

Q - Flujo de agua
C = Coeficiente de Escorrentía del Método Racional *(0.6 a períodos de retorno de 2 – 10 años; 0.8 a períodos de retorno de 100 – 1000 años; 0.9 a PMP)*
I = Intensidad de lluvia
A = Área de drenaje

1.3.2. Ecuación empírica de Manning: Q = VA

Ecuación empírica que describe la relación entre la velocidad en una conducta (como tuberías) que no encierra completamente los fluidos. Las variables involucradas en la ecuación son:

Q - Flujo de agua
V = Velocidad Promedio Transversal = $\frac{1}{n}(R_h)^{1/6}\sqrt{S}$
A = Superficie de la sección circular

Por lo tanto, la ecuación también se puede representar como $Q = \frac{1}{n}A(R_h)^{2/3}\sqrt{S}$

Q - flujo de agua
n = Coeficiente de Gauckler-Manning (0.011, para el tipo de material de tubería HDPE)
superficie de la sección circular
R_h = Radio hidráulico
S = Pendiente del pi

2. AGUAS CORRIENTE ABAJO ORIGINADAS POR FILTRACIONES

Durante la operación de los terraplenes, se predice que las filtraciones encontrarán su camino en el río abajo de la estructura. Estas filtraciones fueron diseñadas para ser recolectadas por el sistema de subdrenaje para luego ser redirigidas hacia las Plataformas de Roca Residual (WRP).

Según el informe de diseño del TMF (consulte el Informe de KCB, Sección 8.2 en el Apéndice II), se prevé que las presas Norte y Este tengan, respectivamente, 63 L/s y 77 L/s, en un escenario de caso base; y respectivamente, 105 L/s y 128 L/s, en un escenario de caso de inundación.

Teniendo en cuenta que todas las filtraciones deben redirigirse hacia el WRP, se ubicó estratégicamente un sistema de recolección en este con el fin de interceptar, redirigir y recolectar la filtración; para luego bombearlas hacia el depósito principal del TMF. Para lograr este propósito, se diseñaron los siguientes componentes principales para formar parte del "**Sistema de recolección de filtraciones**".

a) La zanja de recolección de filtraciones: Se utiliza para interceptar y redirigir las filtraciones hacia el estanque/pozo de recolección de filtraciones.

b) El estanque/pozos de recolección de filtraciones: se utiliza para recolectar las filtraciones para permitir el bombeo; primero hacia la Instalación de Recolección de Arena (SCF) para luego ser bombeado hacia el depósito principal de TMF. Se instalarán caudalímetros para cuantificar el agua recuperada frente a las filtraciones de las presas de diseño.

Las secciones típicas de cada uno de estos componentes se muestran en las Figuras 2 – 1 a 2 – 3.

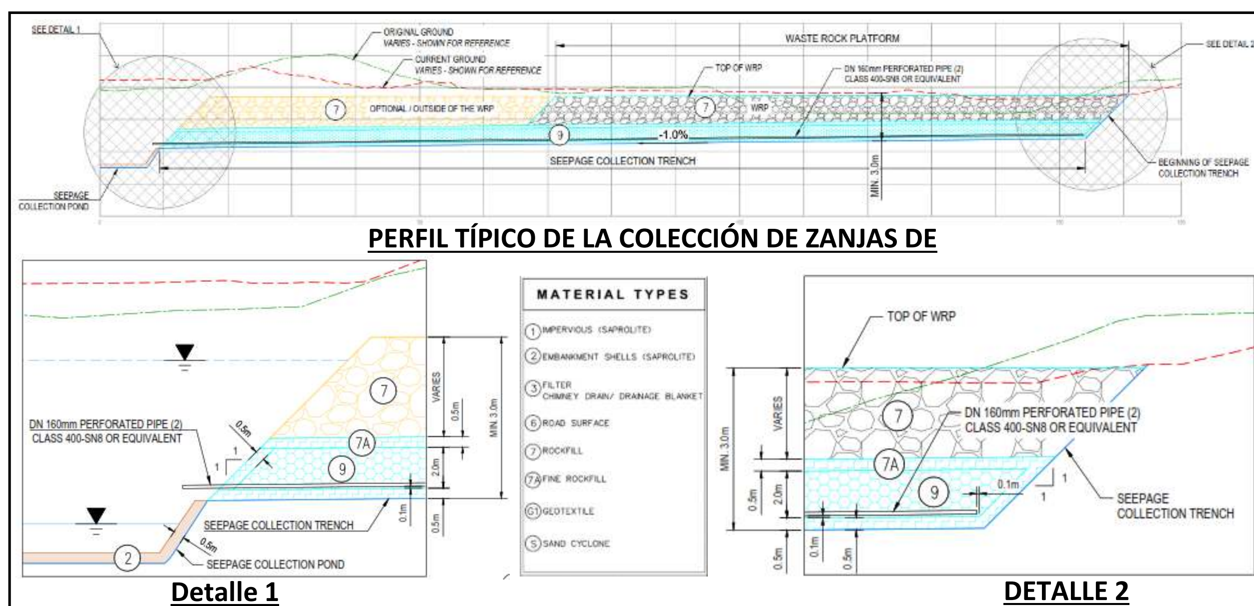


Figura 2 – 1: *Fosa colectora de fugas – Perfil típico (1824-363-CI-DRG-T0107)*

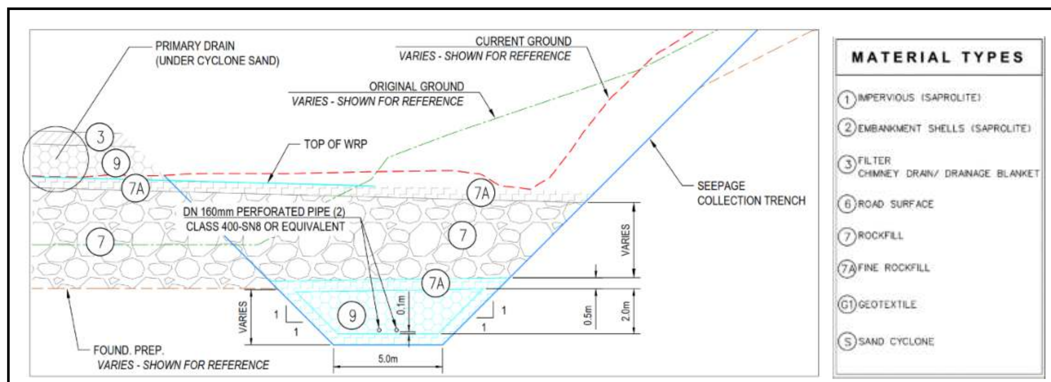


***Figura 2 – 2**: Fosa colectora de fugas – Sección típica (1824-363-CI-DRG-T0107)*

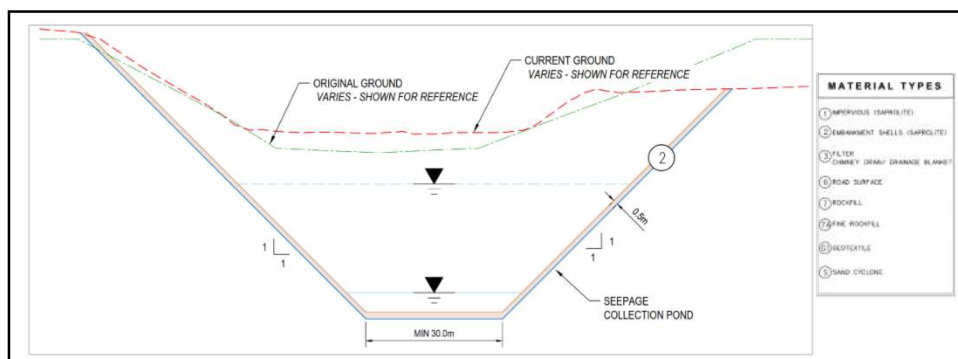


***Figura 2 – 3**: Estanque de recolección de filtraciones – Sección típica (1824-363-CI-DRG-T0107)*

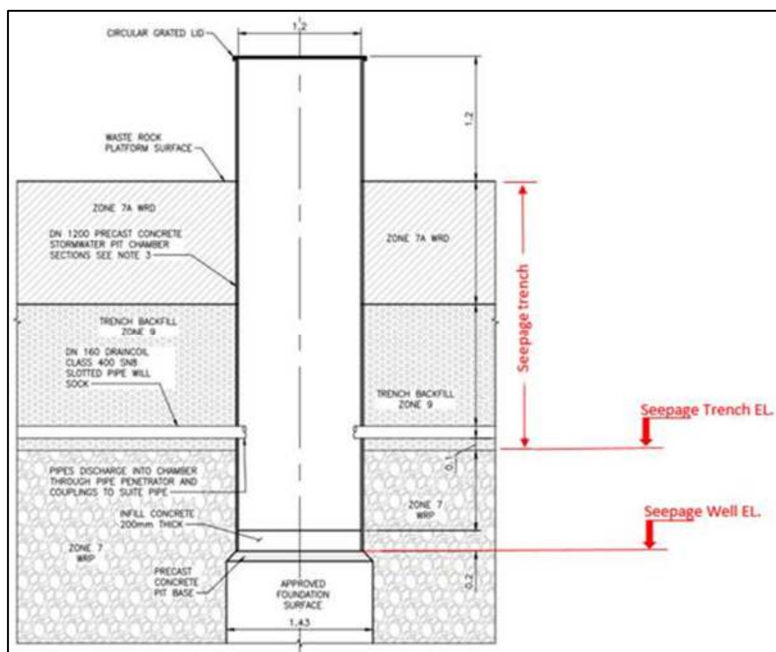


***Figura 2 – 4**: Pozo de recolección de fugas – Sección de borrador (modificada de los planos IFI de KCB)*

2.1. Sistema de recolección de fugas de la Presa Norte

La construcción del sistema de recolección de filtraciones en la presa norte está completamente terminada y en funcionamiento hasta la fecha. La construcción se ha ejecutado en base a planos IFC (1824-363-CI-DRG-T0107 a T0113).

Actualmente, el agua dentro de los estanques de recolección de filtración se bombea continuamente a las Instalaciones de Recolección de Arena (SCF) y posteriormente se bombea al Estanque principal de TMF. Las bombas disponibles hasta la fecha están en funcionamiento continuo y tienen una capacidad de 130 l/s. Consulte el Apéndice III para ver las especificaciones de la bomba instalada. Sin embargo, se incorporará un nuevo conjunto de bombas (según el diseño) que tendrán una capacidad de 500 L/s (cada una), véase la Tabla 2.1 – 1.

La disposición general del sistema es como se proyecta en la Figura 2.1 – 1, y el sistema de recolección en cada uno de los WRP de la Presa Norte si se describe a continuación.

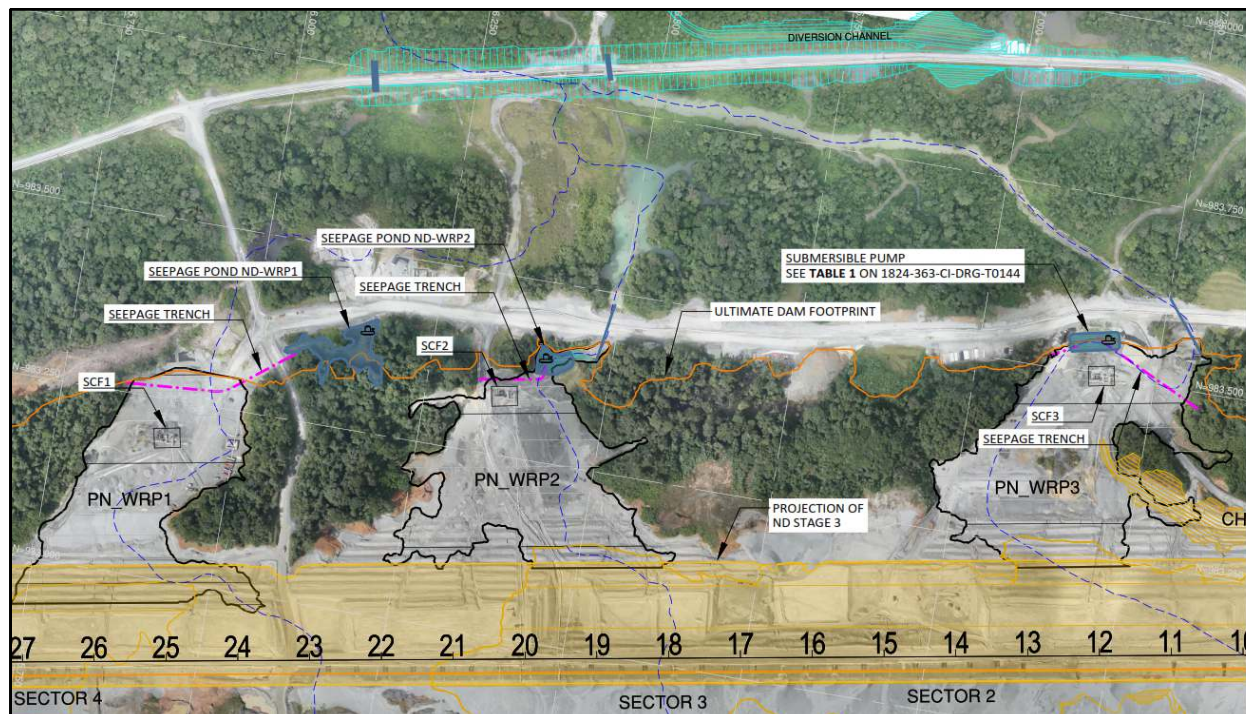


Figura 2.1 – 1: Sistema de recolección de fugas de la presa norte

Elemento	Ubicación	Diseño de fugas (L/s)		Bomba Min. Capacidad (L/s)	Comentarios
		Escenario base	Escenario de inundación		
1	Estanque de filtración en WRP 1	19	26	**500**	La capacidad de bombeo se ha calculado considerando los flujos de lluvia. Consulte **la Sección 3**.
2	Estanque de filtración en WRP 2	20	27	**500**	
3	Estanque de filtración en WRP 3	38	52	**500**	

Tabla 2.1 – 1: *Flujo de agua ND originado por filtraciones Vs requisitos de capacidad de bombeo*

2.1.1. Sistema de recolección de fugas en ND-WRP1

El sistema de recolección de filtraciones en la presa norte WRP1 consiste en una zanja de filtraciones de 230m de largo y un estanque de filtraciones con un área de 4.187m2 y una capacidad para contener un volumen de 4.187m3.

Los umbrales de agua, la disposición general y el perfil se presentan en la Figura 2.1.1 – 1.

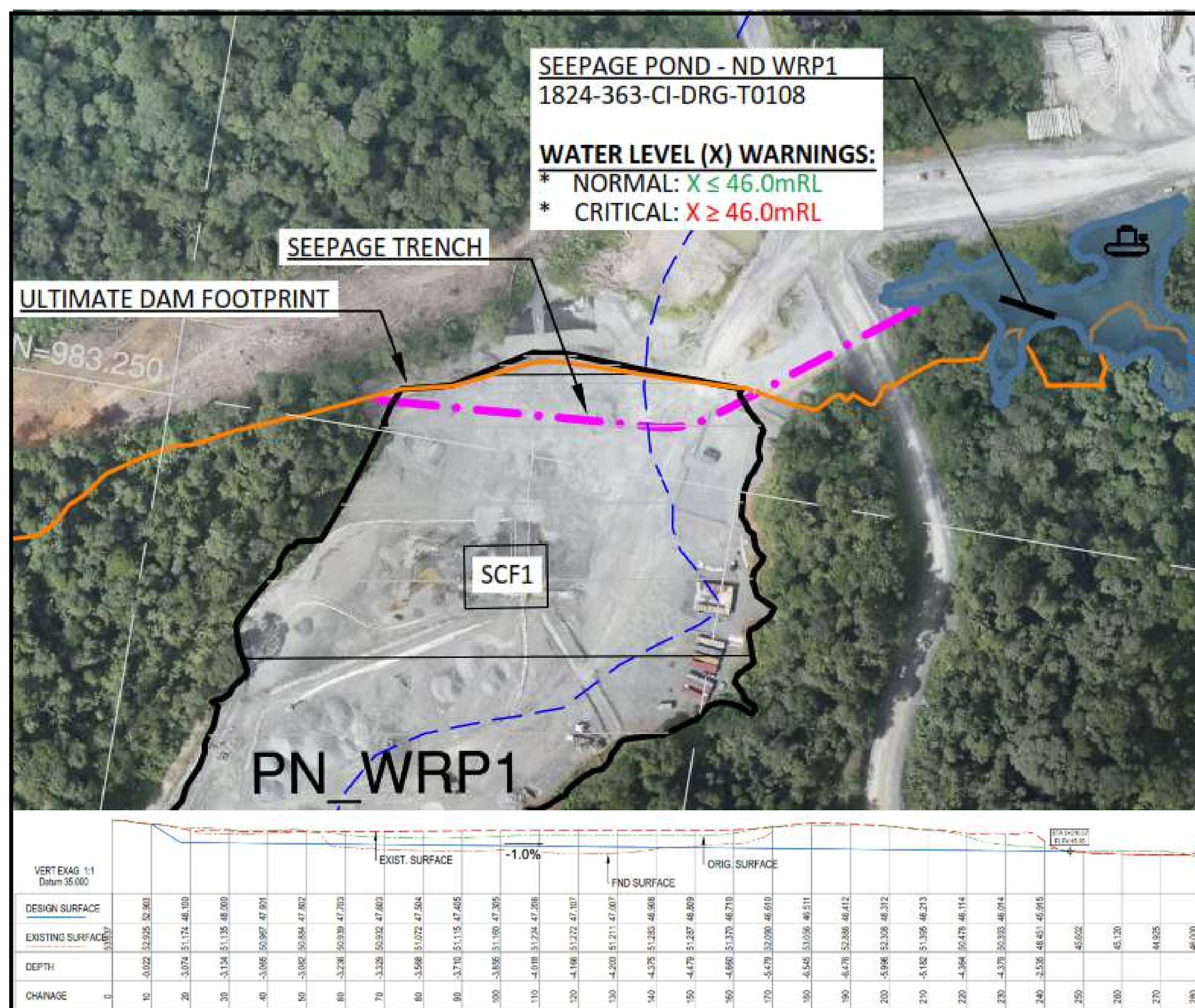


***Figura 2.1.1 – 1**: Sistema de recolección de fugas WRP1 de la presa norte*

2.1.2. Sistema de recolección de fugas en ND-WRP2

El sistema de recolección de filtraciones en la presa norte WRP2 consiste en una zanja de filtraciones de 95 m de largo y un estanque de filtraciones con un área de 1.387 m2 y una capacidad para contener un volumen de 4.161 m3.

Los umbrales de agua, la disposición general y el perfil se presentan en la Figura 2.1.2 – 1.

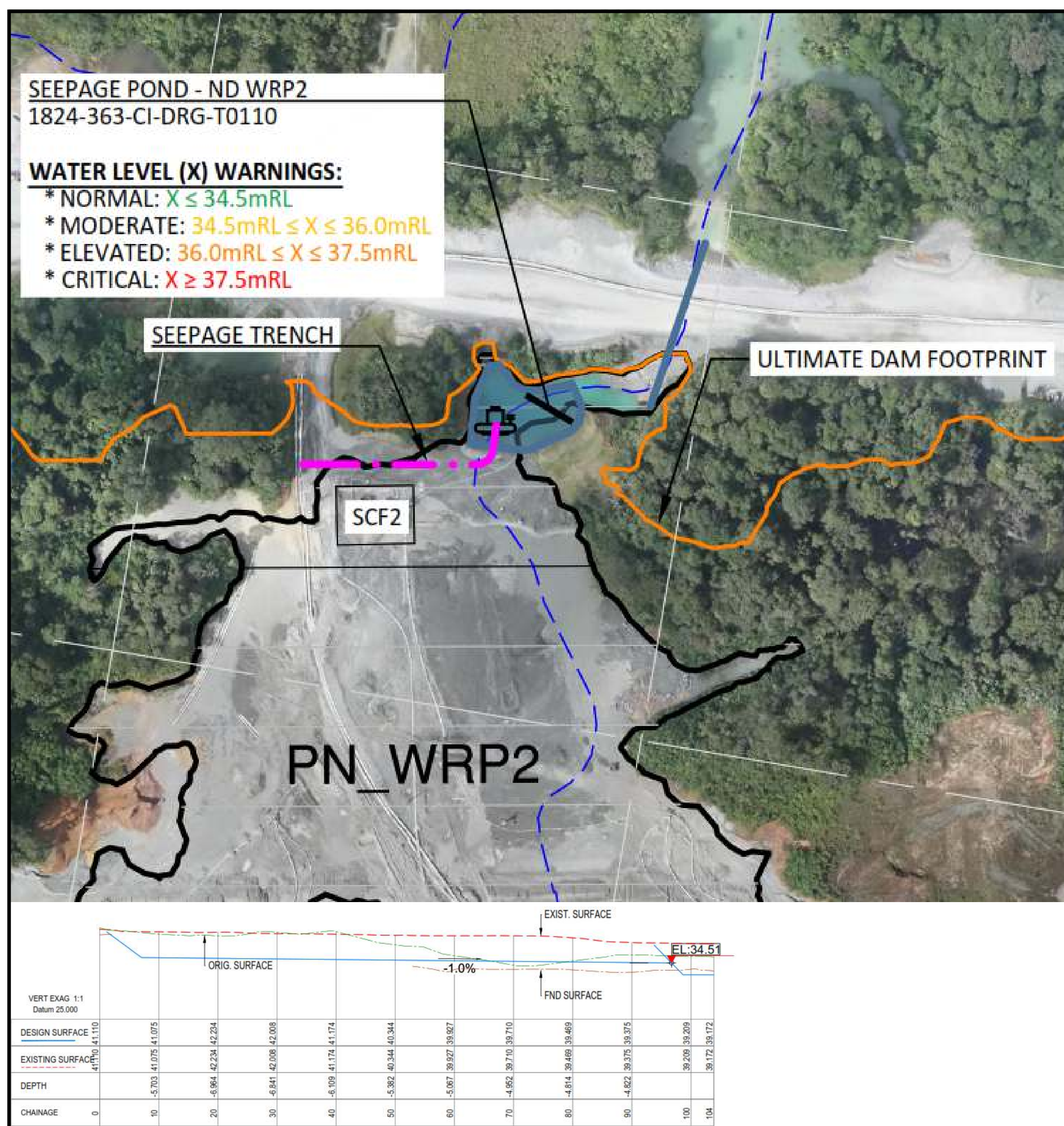


Figura 2.1.2 – 1: *Sistema de recolección de fugas WRP2 de la Presa Norte*

2.1.3. Sistema de recolección de fugas en ND-WRP3

El sistema de recolección de filtraciones en la Presa Norte WRP1 consta de dos zanjas de filtración de 130m y 25m de largo respectivamente; y un estanque de filtración con un área de 1.637m2 y una capacidad para contener un volumen de 4.911m3.

Los umbrales de agua, la disposición general y los perfiles se presentan en la Figura 2.1.2 – 1.

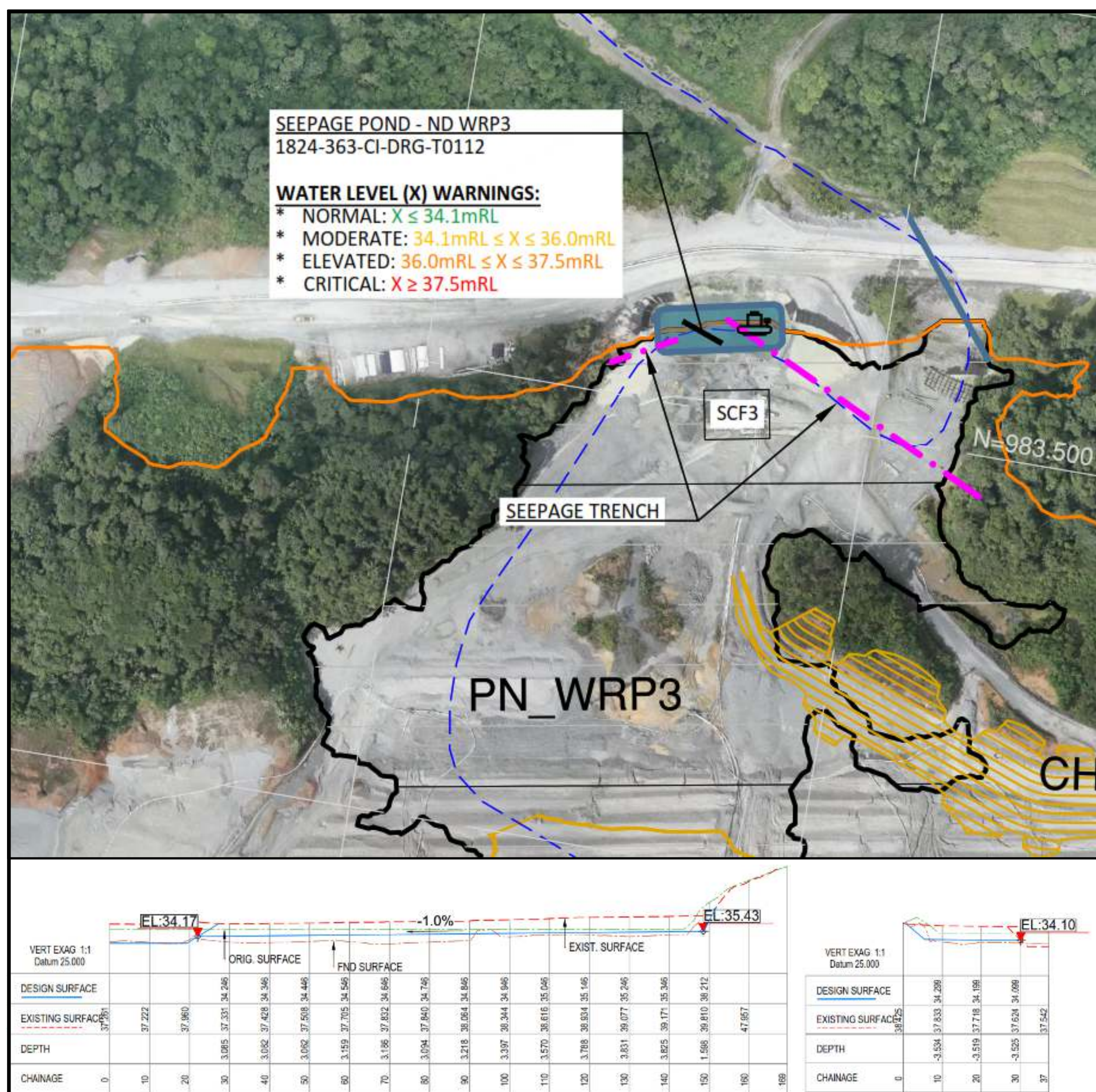
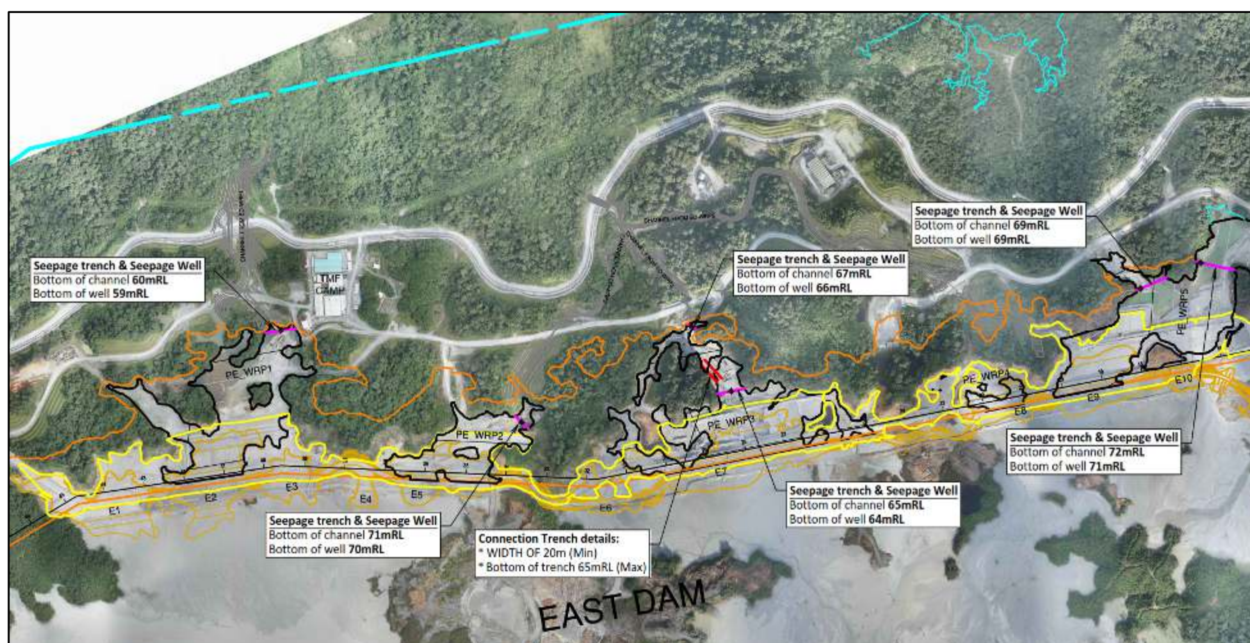


Figura 2.1.3 – 1: *Sistema de recolección de fugas de la presa norte WRP3*

2.2. Sistema de recolección de fugas de la Presa Este

La ingeniería del sistema de recolección de filtraciones en la Presa Este aún no se ha desarrollado completamente. Sin embargo, se ha generado un plan preliminar que incluye zanjas de filtración, pozos de recolección de filtraciones y un sistema de bombeo continuo.

La disposición preliminar del sistema es la proyectada en la Figura 2.2 – 1



<u>Figura 2.2 – 1</u>*: Sistema de recolección de filtraciones preliminares de la presa este*

3. AGUA CORRIENTES ABAJO ORIGINADA POR LLUVIA

Los escenarios más probables y extremos se han identificado utilizando registros de precipitaciones, IDF y cálculos relevantes (ver Sección 1.2) para cuantificar la escorrentía esperada en el área aguas abajo de las presas de TMF.

Según el diseño (y debido a problemas de estabilidad), la escorrentía no se puede acumular directamente contra la punta de las presas. Por lo tanto, un conjunto de tuberías de desagüe y zanjas formaban parte de un río aguas abajo de las presas con el fin de garantizar una evacuación permanente del agua. Además, el asentamiento de agua y el monitoreo químico/de calidad es un requisito para permitir libremente la descarga en el medio ambiente (consulte la **<u>Sección 5</u>** para obtener más detalles).

3.1. Escorrentía aguas abajo de la Presa Norte

Los cálculos del flujo de agua se basaron en un área de captación de 1.819.191 m2 (o 182 Ha). Esta área se obtuvo mediante la asignación de un área tributaria a la Carretera Decantada/Estanque de Sedimentación 4, que incluye la presa norte en general y cualquier otra área que permita naturalmente que el agua de escorrentía encuentre su camino hacia el futuro estanque de recolección de escorrentías.

Por lo tanto, los flujos de agua esperados en la presa norte son como se presenta en la Tabla 3 – 1.

Concepto	Diseño precipitaciones	el flujo de agua
1	Promedio de días húmedos en noviembre (24 horas de lluvia)	400 l/s.
2	Período de retorno de 10 años (lluvia de 24 horas)	3.297 l/s
3	Período de retorno de 100 años (lluvia de 24 horas)	7,209 l/s
4	Período de retorno de 100 años (precipitación de 5 minutos)	99,449 l/s

Tabla 3.1 – 1: *Flujos generales de agua de escorrentía de la presa norte*

La escorrentía aguas abajo de la Presa Norte es interceptada por dos (2) carreteras que, en consecuencia, tienen un conjunto de tuberías de desagüe instaladas estratégicamente en los puntos más bajos para garantizar la evacuación continua del agua de la presa norte. Gráfico 3.1-1.

Como se muestra en la Figura 3.1 – 1, los caminos que interceptan la escorrentía aguas abajo de la Presa Norte son los siguientes:

a) **Carretera North Toe:** Esta es la primera carretera que intercepta la escorrentía, la cual cuenta con dos (2) tuberías de desagüe existentes con una capacidad de 7,000 L/s y 12,000 L/s en el WRP2 y WRP3, respectivamente. Tabla 3.1-1. También se contempla la instalación de una 3era (tercera) tubería para redirigir el agua del WRP1 directamente hacia la Carretera de Decantación, consulte la Figura 3.1 – 1.

b) **Carretera de Decantación /Estanque de Sedimentación 4:** Esta es la segunda estructura que intercepta la escorrentía, la cual cuenta con dos (2) juegos de tuberías con una capacidad de 60,000 L/s y 6,000 L/s en orden de oeste a este. Tabla 3.1-2. Además, el camino de decantación también tiene un aliviadero a una elevación de 38 mRL que indica que la acumulación de agua en el área aguas abajo no debe exceder esta elevación incluso durante un evento de tormenta fuerte.

Actualmente, el terreno entre la Carretera North Toe y el Estanque de Sedimentación 4 cuenta con un material "Vertido" que ha interrumpido parcialmente la eficiencia del conjunto de tuberías ubicadas en el lado occidental del Camino de Decantación (las tuberías con mejor capacidad y las tuberías que se encuentran a una cota inversa menor - 34mRL).

Se está desarrollando una propuesta que consiste en habilitar un canal que devuelva de manera eficiente y completa el conjunto de tuberías de referencia. Gráfico 3.1-1.

Consulte **la Sección 5** de este informe para conocer el sistema de trampa de sedimentación y el Programa de monitoreo de agua.

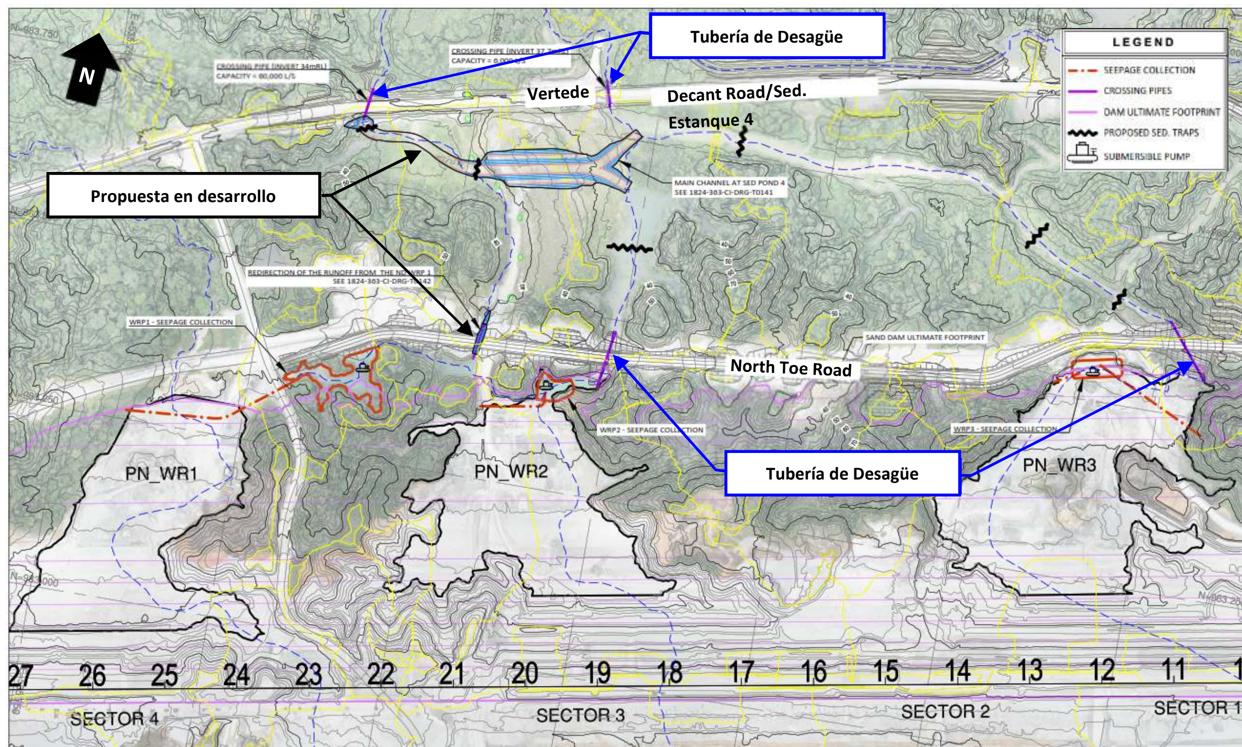


Figura 3.1 – 1: *Escorrentía de la presa norte en aguas abajo*

1. Tubo de Desagüe Existente – Descargas de **ND WRP2**					
Datos iniciales			**Resultados/conclusiones**		
Diámetro de la Tubería	1,400	m	Flujo de agua Capacidad de las Tuberías existentes	Cantidad	1 tubería
Radio de la tubería	0.700	m		Capacidad de Caudal	7 m3/s
Área - Sección transversal de la tubería	*1.539*	m2			7,000 l/s
Pendiente de la tubería	*0.010*	-	Flujo de agua de la Lluvia (RP 100 años – 24H)		748 l/s
Número manning (n)	*0,011*	-	Flujo de agua de la Lluvia (PMP – 24H)		2.880 l/s
Radio hidráulico	*0,405*	m	Flujo de agua de la lluvia RP 100 años – 5 min		16,982 l/s
2. Tubo de Desagüe Existente – Descargas de **ND WRP3**					
Datos iniciales			**Resultados/conclusiones**		
Diámetro de la Tubería	1.600	m	Flujo de agua Capacidad de las Tuberías de diseño	Cantidad	1 tubería
Radio de la tubería	0.800	m		Capacidad de Caudal	12 m3/s
Área - Sección transversal de la tubería	*2.011*	m2			12,000 l/s
Pendiente de la tubería	*0.014*	-	Flujo de agua de la Lluvia RP 100 años – 24H		1,892 l/s
Número manning (n)	*0,011*	-	Flujo de agua de la Lluvia PMP – 24H		7.280 l/s
Radio hidráulico	*435*	m	Flujo de agua de la lluvia RP 100 años – 5 min		42,927 l/s
3. Nueva tubería de deshidratación – Descargas de **ND WRP1**					
Datos iniciales			**Resultados/conclusiones**		
Diámetro de la Tubería	1,400	m	Flujo de agua Capacidad de las Tuberías existentes	Cantidad	1 tubería
Radio de la tubería	0.700	m		Capacidad de Caudal	7 m3/s
Área - Sección transversal de la tubería	*1.539*	m2			7,000 l/s
Pendiente de la tubería	*0.010*	-	Flujo de agua Lluvia RP 100 años – 24H		673 l/s
Número manning(n)	*0,011*	-	Flujo de agua Lluvia PMP – 24H		2.590 l/s
Radio hidráulico	*0,405*	m	Flujo de agua en forma de lluvia RP 100 años – 5 min		15,271 l/s

Tabla 3.1 – 1: *Capacidad de las Tuberías de Desagüe en la Carretera Norte del Toe*

1. Tuberías de Desagüe Existentes – Descarga en el Medio Ambiente **a una elevación inversa 37.9mRL**					
Datos iniciales			**Resultado/Resultados**		
Diámetro de la tubería	1.000	m	Flujo de agua capacidad de las tuberías existentes	Cantidad	3 tuberías
Radio de la tubería	0.500	m		Capacidad de Caudal	6 m3/s
Área - Sección transversal de la tubería	*0.785*	m2			6,000 l/s
Pendiente de la tubería	*0.005*		Lluvia (RP 10 años – 24 HORAS) menos tuberías auxiliares y de bombeo		L/s
Número de manning (n)	*0,011*		Lluvia (RP 100 años – 24 HORAS menos bombeo y tuberías auxiliares		L/s
Radio hidráulico	*0.294*	m	Lluvia (RP 100 años – 5 minutos) menos tuberías auxiliares y de bombeo		L/s
2. Tuberías de desagüe existentes – Descarga en el medio ambiente **a una elevación inversa de 34mRL**					
Datos iniciales			**Resultado/Resultados**		
Diámetro de la tubería	1.500	m	Flujo de agua capacidad de las Tuberías existentes	Cantidad	4. Tuberías
Radio de la tubería	0.750	m		Capacidad de Caudal	60 m3/s
Área - Sección transversal de la tubería	*1.767*	m2			60,000 l/s
Pendiente de la tubería	*0.015*		Lluvia (RP 10 años – 24 HORAS) menos tuberías auxiliares y de bombeo		L/s
Número de manning (n)	*0,011*		Lluvia (RP 100 años – 24 HORAS menos bombeo y tuberías auxiliares		L/s
Radio hidráulico	*0.710*	m	Lluvia (RP 100 años – 5 minutos) menos tuberías auxiliares y de bombeo		L/s

Tabla 3.1 – 2*: Capacidad de las Tuberías de Desagüe en el Camino de Decantación/ Estanque de Sedimentación 4*

3.2. Escorrentía aguas abajo de la Presa Este

Originalmente, la escorrentía aguas abajo de la Presa Este dirigía la escorrentía hacia los terraplenes. Por lo tanto, la presa Este fue diseñada para operar con un conjunto de canales de desviación en ED WRP 1, ED WRP 2, ED WRP 3 y ED WRP5. Gráfico 3.2-1.

Al igual que la presa Norte, dos (2) carreteras están interceptando la escorrentía aguas abajo que, en consecuencia, también tienen un conjunto de tuberías de desagüe instaladas estratégicamente en los puntos más bajos para garantizar la evacuación continua del agua. Gráfico 3.2-1.

Como se muestra en la Figura 3.2 – 1, los caminos que interceptan la escorrentía aguas abajo de la Presa Norte son los siguientes:

c) **La Carretera East Toe:** Esta es la primera carretera que intercepta la escorrentía, que tiene cuatro (4) tuberías de desagüe existentes. La capacidad de las tuberías no está disponible en el momento en que se emitió este informe.

d) **La Carretera Costera:** Esta es la segunda estructura que intercepta la escorrentía, la cual cuenta con dos (2) juegos de tuberías de desagüe. La capacidad de las tuberías no está disponible en el momento en que se emitió este informe. Cada una de este conjunto de tuberías tiene cerraduras de compuerta, sin embargo, el bloqueo de esta compuerta debe acordarse previamente con el Ingeniero de Registros (EoR) para evitar problemas de estabilidad en las operaciones del terraplén.

Consulte **la Sección 5** de este informe para conocer el sistema de trampa de sedimentación y el Programa de monitoreo de agua.

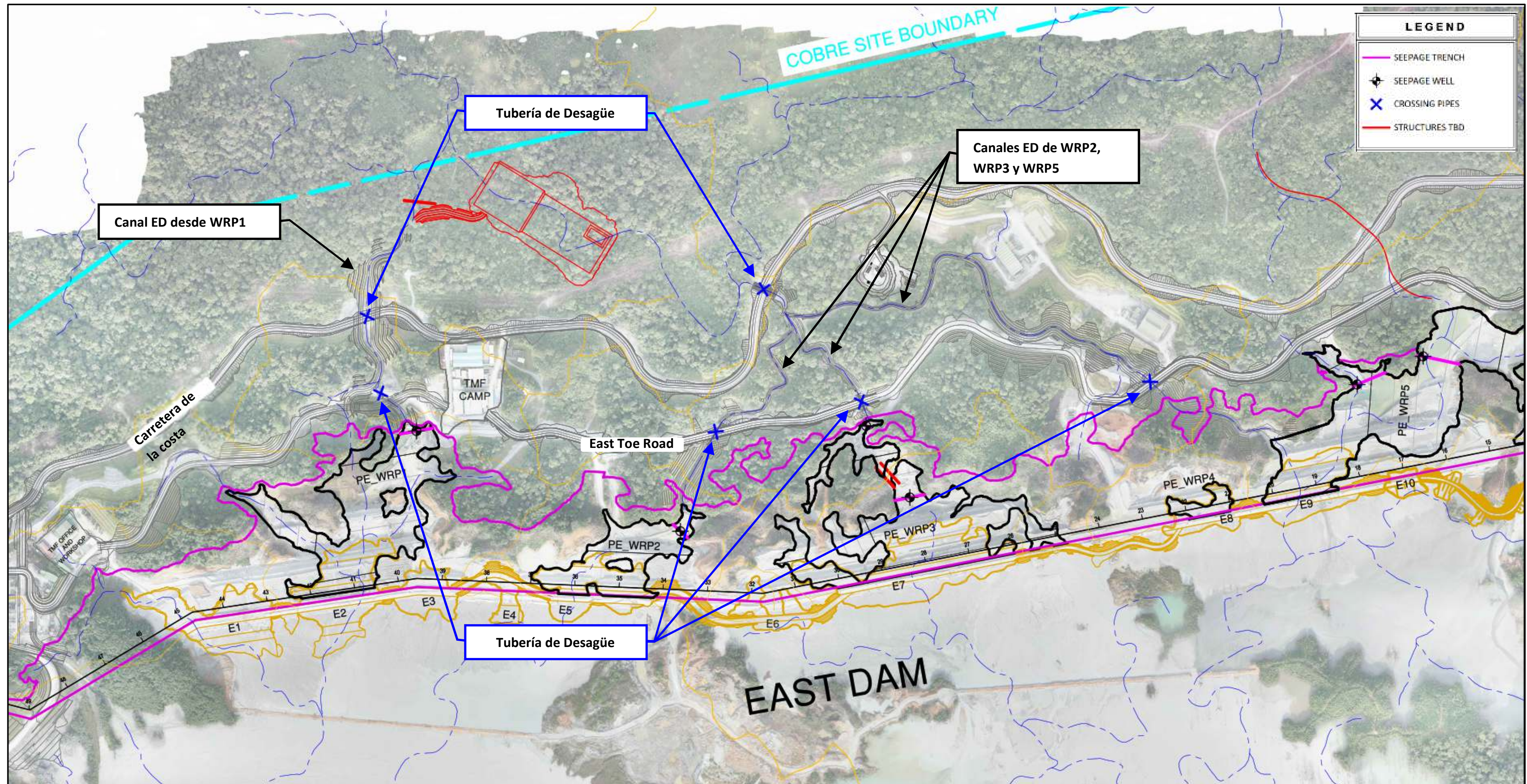


__Figura 3.2 – 1__: Escorrentía de la Presa Este en el área aguas abajo

4. AGUAS CORRIENTE ABAJO ORIGINADA POR OTRAS FUENTES

Otra fuente de agua que se espera encontrar aguas abajo de las presas de TMF es la originada por la Colocación Hidráulica de Arena (Weirbox).

Las presas se construyen en su mayoría mediante colocaciones hidráulicas de arena que consisten en una arena licuada con el 56% de los sólidos descargados por tuberías con un caudal de 111,31 l/s. El proceso de colocación estándar evacua la mayor parte del agua siguiendo los pasos que se indican a continuación:

- ✓ Recoger el exceso de agua en un Weirbox.
- ✓ Dirigir el exceso de agua del Weirbox hacia el SCF mediante el uso de tuberías y bombas.

El valor de diseño se seleccionó discrecionalmente mediante el uso de la tasa de descarga hidráulica completa y suponiendo 5 tuberías que descargan simultáneamente, lo que totaliza hasta 223 l/s.

Se realizó un cálculo general basado en los datos disponibles (solo la presa norte) y dos de los escenarios se han presentado en las Tablas 4 – 1 y 4 – 2.

Concepto	Ubicación	24 horas de lluvia (día húmedo en noviembre)				¿Bomba requerida?	Bomba Min. Capacidad (l/s)	Comentarios
		Fuga (l/s)	Precipitaciones (l/s)	Weirbox (l/s)	Total (l/s)			
1	Estanque de filtración en WRP 1	26	51	223	**300**	Sí	**500**	La capacidad de bombeo es capaz de evacuar completamente el flujo de agua entrante
2	Estanque de filtración en WRP 2	27	57	223	**307**	Sí	**500**	
3	Estanque de filtración en WRP 3	52	143	223	**417**	Sí	**500**	

Tabla 4 – 1: *Flujos de agua totales pronosticados en un escenario de "Día húmedo en noviembre"*

Concepto	Ubicación	Lluvia de 24 horas (período de retorno de 100 años)				¿Bomba requerida?	Bomba Min. Capacidad (l/s)	Comentarios
		Fuga (l/s)	Precipitaciones (l/s)	Weirbox (l/s)	Total (l/s)			
1	Estanque de filtración en WRP 1	26	673	223	**922**	Sí	**500**	Flujo de agua que excede la capacidad de bombeo debido a los ingresos por lluvia. Exceder el flujo de agua es drenar a través de las tuberías de deshidratación. Consulte **la Sección 3.1**
2	Estanque de filtración en WRP 2	27	748	223	**999**	Sí	**500**	
3	Estanque de filtración en WRP 3	52	1,892	223	**2 166**	Sí	**500**	

Tabla 4 – 2: *Flujos de agua totales pronosticados en un escenario de "período de retorno de 100 años"*

5. TRAMPA DE SEDIMENTACIÓN Y MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA

El agua corriente abajo de las presas de TMF fluye en última instancia al medio ambiente. Por lo tanto, la calidad del agua es una preocupación importante para garantizar que cumpla con los estándares gubernamentales, así como para verificar que los parámetros históricos de las corrientes de agua no se alteren.

MPSA cuenta con el permiso de descarga de efluentes provenientes de TMF o IMR otorgado mediante la Resolución DM-0167-2022 de 13 de septiembre de 2022, para lo cual se ejecuta un programa de monitoreo mediante un laboratorio externo y acreditado, para el análisis de los parámetros de calidad de agua, verificando que se encuentren dentro de los Limites Permisibles.

5.1. Trampas de sedimentación

Las trampas de sedimentación son pequeñas estructuras de contención que permiten que la escorrentía se asiente antes de descargar en el medio ambiente a través de las tuberías de desagüe.

Es importante asegurarse de que las trampas de sedimentación nunca retengan agua por encima de la elevación superior de las plataformas de roca residual (la elevación superior de WRP debe estar al menos a 1,5 m por encima de las trampas de sedimentación).

Un detalle típico de las trampas de sedimentación no está disponible en el momento en que se emitió este informe. Sin embargo, los planos de la CFI se encuentran actualmente en desarrollo. Estos planos deben proporcionar la ubicación y los detalles típicos de las trampas de sedimentos y los accesos permanentes para el mantenimiento/limpieza de los sedimentos residuales.

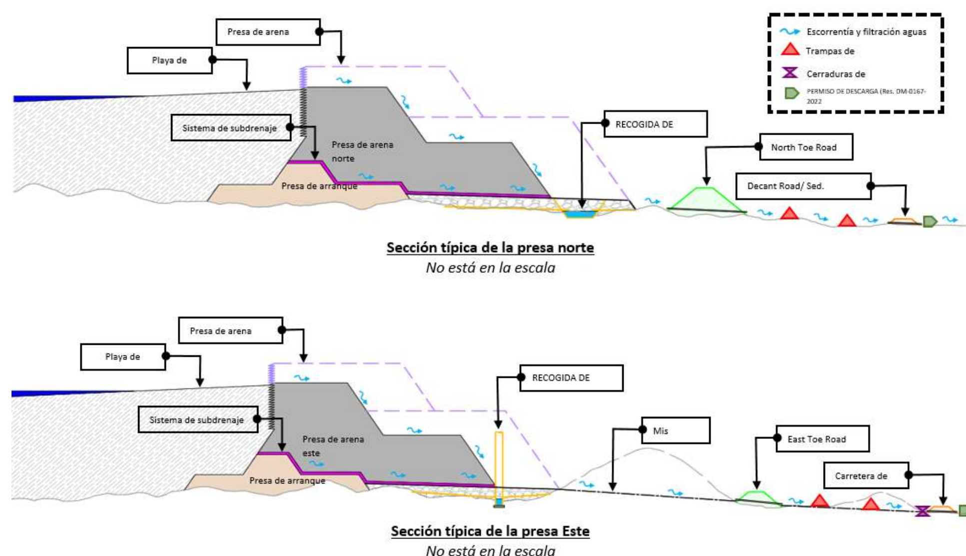


Figura 5.1 – 1: *Esquema de las presas TMF y su interacción con la estructura aguas abajo*

5.2. Programa de Pruebas de Agua

Las aguas corrientes abajo de las presas del TMF está siendo monitoreada semanalmente por el Equipo Ambiental para garantizar que los valores históricos en las corrientes de agua no varíen significativamente y también para garantizar que se cumplan los estándares ambientales panameños.

Las variables que se están monitoreando se resumen a continuación en la Tabla 5.2 – 1.

Elemento	VARIABLE	DGNTI-COPANIT 35-2019
1	Aceite y grasa (mg/L)	20
2	Cianuro CN- total (mg/L)	0,2
3	Coliforme total (NMP/100 ml)	1000
4	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg O2/L)	50
5	Hidrocarburos totales de petróleo (mg/L)	5
6	pH (Unidad de pH)	5.5 — 8.5
7	Temperatura (C°)	±3°C
8	Demanda química de oxígeno (mg O2/L)	100
9	Fósforo Total (mgPt/L)	10
10	Nitrógeno total (mg/L)	15
11	Sólidos Totales en Suspensión (mg/L) pH	35
12	Cromo hexavalente Total- Cr 6+ (mg/L)	0,05
13	Pentaclorofenol	0.009
14	Arsénico Total- As (mg/L)	0,5
15	Cadmio Total- Cd (mg/L)	0.01
16	Cobre Total- Cu (mg/L)	1
17	Hierro Total- Fe (mg/L)	5
18	Mercurio Total- Hg (mg/L)	0,001
19	Plomo Total- Pb (mg/L)	0,05
20	Níquel Total- Ni (mg/L)	0,2
21	Zinc Total- Zn (mg/L)	3

Tabla 5.2 – 1: *Parámetros y límites permisibles de la descarga del TMF o IMR hacia Rio del Medio*

Nota: La Temperatura de la descarga se comparará con la temperatura natural medida del cuerpo receptor de Rio Uvero, aprobado como punto de referencia de acuerdo al Artículo 2 de la Resolución DM-0167-2022.

La calidad del agua se verifica mediante la recolección de muestras en cada una de las Instalaciones de Recolección de Arena (SFC), en los estanques de filtración, en la entrada/salida de las tuberías de desagüe, en la salida de decantación, entre otros.

Los informes de calidad de aguan serán presentados anualmente por MPSA al Ministerio de Ambiente.

6. OBSERVACIONES

- Se implementará un sistema de recolección y bombeo de filtraciones en cada una de las Plataformas de Roca Residual con el fin de recolectar los flujos de agua entrante (filtraciones, lluvia base y vertederos) y luego bombearlo al Estanque principal de TMF. Bajo fuertes lluvias, el agua de escorrentía excede la capacidad de bombeo y esta escorrentía se drena lejos de las presas TMF y, en última instancia, en el medio ambiente.

- El sistema de recolección de filtraciones de la Presa Norte requiere de tres (3) bombas cada una con una capacidad de 500 l/s. Las bombas in situ tienen una capacidad de 130 l/s a la espera de la llegada de las bombas requeridas según el diseño.

- La colección de filtraciones de la Presa Este se encuentra actualmente en desarrollo. Por lo tanto, están pendientes de presentación detalles específicos y requisitos de bombeo. Sin embargo, los detalles preliminares indican que cada uno de los WRP también debe tener un sistema de recolección y bombeo de filtraciones.

- La escorrentía dentro del TMF está siendo monitoreada regularmente por el Departamento de Recursos Hídricos del TMF junto con el departamento ambiental de MPSA. Los resultados de las pruebas indican que la calidad del agua es buena considerando que cumple con los parámetros.